

**PATOGENISITAS JAMUR ENTOMOPATOGEN
Lecanicillium lecanii DAN *Metarhizium anisopliae*
TERHADAP HAMA *Plutella xylostella* Linn.
(LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)**

Oleh
NOVITA YUNIASARI



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
MALANG**

2018

**PATOGENISITAS JAMUR ENTOMOPATOGEN
Lecanicillium lecanii DAN *Metarhizium anisopliae*
TERHADAP HAMA *Plutella xylostella* Linn.
(LEPIDOPTERA: PLUTELLIDAE)**

**OLEH
NOVITA YUNIASARI
145040201111110**

**PROGRAM STUDI AGROEKOTEKNOLOGI
MINAT PERLINDUNGAN TANAMAN**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar
Sarjana Pertanian Strata Satu (S-1)**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS PERTANIAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
MALANG**

2018

LEMBAR PERSETUJUAN

Judul Penelitian : Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap Hama *Plutella xylostella* Linn. (Lepidoptera: Plutellidae)

Nama Mahasiswa : Novita Yuniasari

NIM : 145040201111110

Jurusan : Hama dan Penyakit Tumbuhan

Program Studi : Agroekoteknologi

Disetujui

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping II,

Dr. Ir. Bambang Tri Bahardjo, SU.
NIP.19550403 198303 1 003

Mochammad Syamsul Hadi, SP., MP.
NIK. 201308 860623 1 001

Diketahui,
Kepala Jurusan



Dr. H. Ludi Pantia Astuti, MS.
NIP.19551018 198601 2 001

Tanggal Persetujuan :

LEMBAR PENGESAHAN

Mengesahkan

MAJELIS PENGUJI

Penguji I



Dr. Anton Muhibuddin, SP., MP.
NIP.19771130 200501 1 002

Penguji II



Mochammad Syamsul Hadi, SP., MP.
NIK. 2013088606231001

Penguji III



Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU.
NIP.19550403 198303 1 003

Penguji IV



Dr. Akhmad Rizali, SP., M.Si.
NIK. 201405770415 1001

Tanggal Lulus : 02 AUG 2018

SURAT PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa segala pernyataan dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri, dengan bimbingan komisi pembimbing. Skripsi ini tidak pernah diajukan untuk memperoleh gelar di perguruan tinggi manapun dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang dengan jelas ditunjukkan rujukannya dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Malang, Juli 2018

Novita Yuniasari



RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Madiun pada tanggal 16 juni 1995 sebagai putri tunggal dari Bapak Sarimun dan Ibu Siti Setyowati.

Penulis menempuh pendidikan dasar di Taman Kanak-kanak Dharma Wanita Sukowidi Magetan pada tahun 2001 sampai dengan tahun 2002, kemudian melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri Sukowidi 1 Kartoharjo Magetan pada tahun 2002 sampai tahun 2008. Pada tahun 2008 sampai dengan tahun 2011, penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Barat Magetan. Kemudian penulis melanjutkan pendidikan ke Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Maospati Magetan pada tahun 2011 sampai tahun 2014. Pada tahun 2014, penulis terdaftar sebagai mahasiswa bidikmisi Strata-1 Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang, Jawa Timur, melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis merupakan mahasiswa minat Hama dan Penyakit Tumbuhan pada sub lab Pengendalian Hayati.

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Mata Kuliah Dasar Perlindungan Tanaman pada tahun 2015-2016. Penulis pernah menjadi anggota PKM-P Dikti pada tahun 2016.



Dengan segala kerendahan hati, kupersembahkan Skripsi ini spesial untuk Bapak, Ibu dan keluarga tercinta. Juga sahabat-sahabat ku Dana Garnisias, Rinawati, Yuyun Anggreani, dan Jenica Asri yang selalu setia mendukung dan membantu.

Terimakasih untuk semua doa dan ketulusan yang telah diberikan selama ini

RINGKASAN

NOVITA YUNIASARI. 145040201111110. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap Hama *Plutella xylostella* Linn. (Lepidoptera: Plutellidae). Di Bawah Bimbingan Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. sebagai Pembimbing Utama dan Mochammad Syamsul Hadi, SP., MP. sebagai Pembimbing Pendamping

Ulat daun *Plutella xylostella* merupakan hama penting pada tanaman sayuran famili Brassicacea. Imago *P.xylostella* memiliki ciri khas lekukan berwarna putih menyerupai berlian, sehingga disebut *Diamondback moth*. Serangan berat dari *P.xylostella* akan mengakibatkan seluruh daun berlubang dan hanya menyisakan tulang daun saja. Kejadian tersebut merupakan konsekuensi dari daya makan yang tinggi selama periode larva *P. xylostella*, sehingga dapat menyebabkan kehilangan tanaman yang signifikan. Pengendalian dapat dilakukan dengan pemanfaatan agens biologis seperti entomopatogen (patogen serangga). Jamur entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dan *Metarhizium anisopliae* merupakan agens hayati potensial yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangga yang menyerang tanaman.

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari hingga Mei 2018 di Laboratorium Hama Tumbuhan Sub Laboratorium Pengembangan Agens Hayati dan Laboratorium Hama 2, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya, Malang. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah jenis jamur entomopatogen (*L. lecanii* dan *M. anisopliae*) dan kerapatan konidia 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , dan 1×10^9 konidia/ml. Variabel pengamatan meliputi penghambatan aktivitas makan larva, mortalitas larva, dan penghambatan pembentukan pupa menjadi imago.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jenis jamur dan kerapatan konida berpengaruh nyata terhadap penghambatan aktivitas makan larva, mortalitas larva, dan penghambatan pembentukan pupa menjadi imago. Pada jamur *L.lecanii* dan *M.anisopliae*, kerapatan 1×10^9 konidia/ml merupakan kerapatan yang paling baik dibandingkan dengan kerapatan lainnya. Namun secara keseluruhan, semakin tinggi kerapatan konidia maka semakin tinggi patogenisitas jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* terhadap *P. xylostella*. Dari kedua jenis jamur entomopatogen, jamur *M. anisopliae* lebih efektif dibandingkan jamur *L.lecanii*.

SUMMARY

NOVITA YUNIASARI. 145040201111110. Pathogenicity of Entomopathogenic Fungi *Lecanicillium lecanii* and *Metarhizium anisopliae* to *Plutella xylostella* Linn. (Lepidoptera: Plutellidae). Supervised by Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. and Mochammad Syamsul Hadi SP., MP.

Plutella xylostella leaf caterpillar is an important pest in Brassicacea family. Imago of *P.xylostella* has a characteristic white colored indentation resembling a diamond, so it is called Diamondback moth. Severe attacks of *P.xylostella* will result in all leaves hollow and leaves only bone. These incidents are a consequence of high feeding power during the *P. xylostella* larvae period, which can lead to significant plant loss. The control can be done by utilizing biological agents such as entomopatogen (insect pathogens). Entomopathogenic fungi *Lecanicillium lecanii* and *Metarhizium anisopliae* are potential biomass agents that can be used to control insects that attack plants.

The study was conducted from January to May 2018 in Plant Pest Laboratory Sub Laboratory of Biological Agent Development and Pest Laboratory 2, Agriculture Faculty, Brawijaya University, Malang. The study was conducted using Completely Randomized Design with 2 Factors. The first factor is the type of entomopathogenic fungi (*L.lecanii* and *M. anisopliae*) and the density of conidia 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , and 1×10^9 conidia/ml. Observational variables include inhibition of larval feeding activity, larval mortality, and inhibition of pupa formation into imago.

The result of observation showed that, the type of fungi and the density of konida significantly influence the inhibition of larvae feeding activity, larva mortality, and inhibition of pupa formation into imago. In the fungi *L. lecanii* and *M. anisopliae*, the density of 1×10^9 conidia/ml is the best density compared to other densities. But, however, the higher of the conidial density, so the higher the pathogenicity of the fungi *L. lecanii* and *M. anisopliae* to *P. xylostella*. Of both types of entomopathogenic fungi, *M. anisopliae* fungi is more effective than the *L.lecanii* fungi.

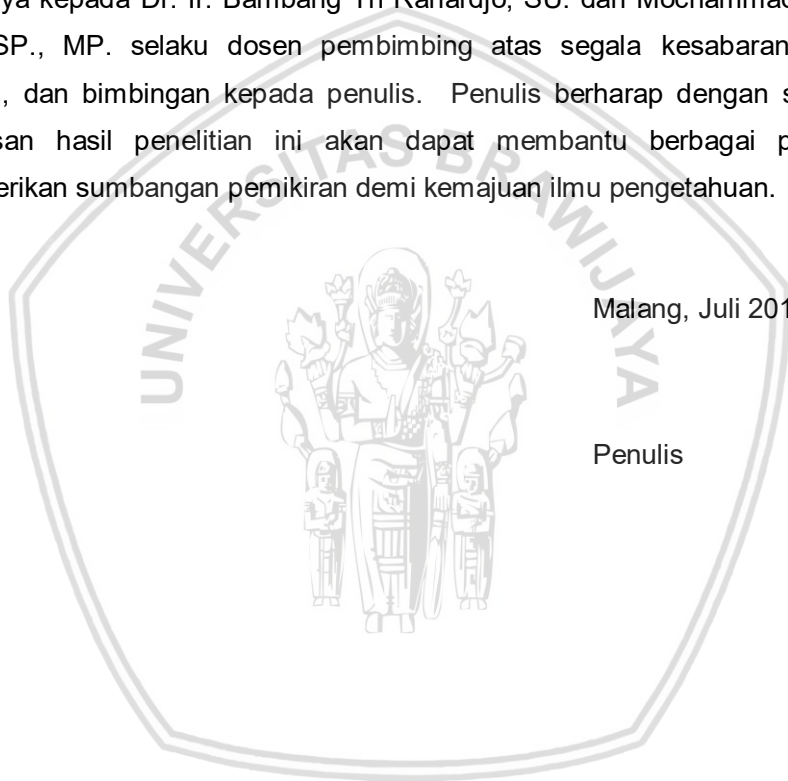
KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan segala rahmat, taufik, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan hasil penelitian yang berjudul "Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dan *Metarhizium anisopliae* terhadap Hama *Plutella xylostella* Linn. (Lepidoptera: Plutellidae).

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih yang sebesar-besarnya kepada Dr. Ir. Bambang Tri Rahardjo, SU. dan Mochammad Syamsul Hadi SP., MP. selaku dosen pembimbing atas segala kesabaran, nasihat, arahan, dan bimbingan kepada penulis. Penulis berharap dengan selesainya penulisan hasil penelitian ini akan dapat membantu berbagai pihak dan memberikan sumbangan pemikiran demi kemajuan ilmu pengetahuan.

Malang, Juli 2018

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN.....	i
SUMMARY	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
RIWAYAT HIDUP.....	iv
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	viii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Manfaat	2
1.4 Hipotesis	2
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Klasifikasi, Biologi dan Morfologi <i>Plutella xylostella</i> Linneaus (Lepidoptera: Plutellidae).....	3
2.2 Tanaman Inang dan Gejala Serangan <i>P. xylostella</i>	5
2.3 Klasifikasi dan Morfologi Jamur Entomopatogen.....	5
2.4 Mekanisme Infeksi Jamur Entomopatogen	6
2.5 Faktor yang Mempengaruhi Keefektifan Jamur Entomopatogen.....	7
III. METODE PENELITIAN.....	10
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	10
3.2 Alat dan Bahan	10
3.3 Pelaksanaan Penelitian	10
3.3.1 Perbanyakkan serangga uji <i>P. xylostella</i>	10
3.3.2 Perbanyakkan jamur <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i>	11
3.3.3 Pembuatan suspensi jamur <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i>	13
3.3.4 Aplikasi jamur <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i>	15
3.4 Metode Penelitian	16
3.5 Analisa Data	17
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	18
4.1 Pengaruh jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kepadatan konidia yang berbeda terhadap penghambatan aktivitas makanlarva <i>P. xylostella</i>	18

4.2 Pengaruh jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan konidia yang berbeda terhadap mortalitas larva <i>P. xylostella</i>	20
4.3 Pengaruh jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan konidia yang berbeda terhadap keberhasilan pupa menjadi imago	26
V. PENUTUP	31
5.1 Kesimpulan.....	31
5.2 Saran	31
DAFTAR PUSTAKA	32
LAMPIRAN	35



DAFTAR TABEL

Nomor	Teks	Halaman
1.	Rerata penghambatan aktivitas makan larva <i>P. xylostella</i> oleh jamur <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan konidia yang berbeda.....	18
2.	Rerata mortalitas larva <i>P. xylostella</i> setelah aplikasi jamur <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan konidia yang berbeda selama 7 hsa	20
3.	LT ₅₀ dari larva <i>P. xylostella</i> setelah aplikasi jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan yang berbeda	26

Lampiran

1.	Hasil uji analisis ragam persentase penghambatan aktivitas makan larva <i>P.xylostella</i> pada 2, 4, 6, 12, 24, dan 48 jsa (jam setelah aplikasi) jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan berbeda.....	36
2.	Hasil uji analisis ragam persentase mortalitas larva <i>P.xylostella</i> 7 hari setelah aplikasi jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M.anisopliae</i> pada kerapatan berbeda.....	36
3.	Hasil uji analisis ragam persentase pembentukan imago <i>P.xylostella</i> setelah aplikasi jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan berbeda.....	36

DAFTAR GAMBAR

Nomor	Teks	Halaman
1.	Imago <i>P. xylostella</i>	3
2.	Telur <i>P. xylostella</i>	4
3.	Larva <i>P. xylostella</i>	4
4.	Pupa <i>P. xylostella</i>	5
5.	Wadah larva <i>P. xylstella</i>	11
6.	Sangkar perkawinan imago <i>P. xylostella</i>	11
7.	Jamur entomopatogen yang diibiakkan pada media PDA selama 21 hari: (a). <i>L. lecanii</i> , (b). <i>M. anisopliae</i>	12
8.	Perbanyakan jamur metode aerasi	12
9.	Pengenceran larutan stok	14
10.	Botol semprot untuk aplikasi jamur <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i>	15
11.	Wadah toples untuk daun sawi dan larva <i>P. xylostella</i> setelah aplikasi jamur <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i>	15
12.	Perubahan warna tubuh larva <i>P. xylostella</i> menjadi coklat kehitaman 2 hari setelah aplikasi jamur entomopatogen: (a) <i>L. lecanii</i> , (b) <i>M. anisopliae</i>	24
13.	Larva <i>P. xylostella</i> yang normal	24
14.	Larva <i>P. xylostella</i> yang ditumbuhi miselium jamur entomopatogen:	25
15.	Pupa abnormal setelah aplikasi jamur entomopatogen: (a) <i>L. lecanii</i> , (b) <i>M. anisopliae</i>	28
16.	Pupa <i>P. xylostella</i> yang normal	28
17.	Imago normal setelah aplikasi jamur entomopatogen <i>L. lecanii</i> dan <i>M. anisopliae</i> pada kerapatan konidia yang berbeda	30

Lampiran

1.	Kenampakan makroskopis jamur entomopatogen umur 21 hari hasil perbanyakan menggunakan media PDA : (a). <i>L. lecanii</i> , (b) <i>M. anisopliae</i> . 35
2.	Konidia jamur entomopatogen pada saat perhitungan menggunakan haemositometer dengan pengamatan dibawah mikroskop perbesaran 40x: (a) <i>L. lecanii</i> , (b) <i>M. anisopliae</i> 35

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Ulat daun *Plutella xylostella* atau disebut juga Diamondback moth (DBM) merupakan hama yang sering ditemukan di pertanaman sayuran terutama pada famili Brassicaceae. Tanaman yang terserang ulat *P. xylostella* dicirikan dengan terlihat bercak putih yang merupakan kulit tipis dari daun yang terserang. Serangan berat hama ini dapat mengakibatkan seluruh daging daun habis termakan dan hanya menyisakan tulang daun saja. Sedangkan serangan berat pada tanaman kubis mengakibatkan tidak terbentuknya krop. Kejadian tersebut merupakan konsekuensi dari daya makan yang tinggi selama periode larva *P. xylostella*, sehingga dapat menyebabkan kehilangan tanaman yang signifikan (Peres *et al.*, 2017).

Pengendalian *P. xylostella* dapat dilakukan dengan berbagai cara, salah satu diantaranya yaitu pengendalian hayati. Pengendalian hayati dilakukan dengan pemanfaatan agens biologis seperti entomopatogen (patogen serangga). Jamur entomopatogen *Lecanicillium lecanii* dan *Metarhizium anisopliae* merupakan agens hayati potensial yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangga yang menyerang tanaman (Ratnasari *et al.*, 2013).

Jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* mampu menginfeksi beberapa ordo serangga diantaranya ordo Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera, Orthoptera, dan Homoptera. Jamur *L. Lecanii* menghasilkan metabolit sekunder bersifat toksin yaitu bassionolidae dan asam dipicolinic yang bersifat insektisidal sehingga mampu menyebabkan gangguan pada fungsi haemolimfa dan nukleus serangga serta dapat menyebabkan pembengkakan disertai infeksi (Khaerati dan Indriati, 2015). Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh Wang *et al.* (2005) bahwa senyawa toksin asam dipicolinic dari jamur *L. lecanii* mampu menyebabkan mortalitas pada *Delphastus catalinae*. Selain itu, penelitian dari Rakhmad *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa jamur *L. Lecanii* mampu mengurangi populasi hama *Bemisia tabaci* secara signifikan pada 14 hari setelah aplikasi.

Sedangkan pada jamur *M. anisopliae* menghasilkan metabolit sekunder destruxin A ($C_{29}H_{47}O_7N_5$), destruxin B ($C_{25}H_{42}O_6N_4$), destruxin C,D, dan E., yang bersifat toksin sehingga mampu menyebabkan kelumpuhan otot serangga serta mempengaruhi organella sel (mitokondria, endoplasmik retikulum endoplasma, dan membran inti) serangga sasaran (Herlinda *et al.*, 2008). Dalam penelitian

Sahayaraj dan Borgio (2010), aplikasi jamur *M. anisopliae* dapat mengakibatkan mortalitas hingga mencapai 90% pada 7 jenis serangga hama yaitu *Aphis craccivora*, *Dysdercus cingulatus*, *Oxycarenus hyalinipennis*, *Helicoverpa armigera*, *Pericallia ricini*, *Spodoptera litura*, dan *Mylabris pustulata*.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan tentang jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada beberapa jenis serangga hama, maka perlu adanya penelitian berikutnya tentang patogenisitas jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kepadatan konidia yang berbeda terhadap ulat daun *P. xylostella*.

1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui patogenisitas jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kepadatan yang berbeda terhadap penghambatan aktivitas makan larva, mortalitas larva, serta keberhasilan pembentukan pupa menjadi imago *P. xylostella*.

1.3 Manfaat

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi tentang patogenisitas jamur entomopatogen jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* terhadap larva *P. xylostella*, sehingga dapat digunakan sebagai alternatif untuk pengendalian secara hayati.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kepadatan yang berbeda mampu menekan aktivitas makan larva, meningkatkan mortalitas larva, serta mampu menekan keberhasilan pembentukan pupa menjadi imago *P. xylostella*.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Klasifikasi, Biologi dan Morfologi *Plutella xylostella* Linneaus (Lepidoptera: Plutellidae)

Klasifikasi *P. xylostella* yaitu Kerajaan: Animalia, Kelas: Insekta, Ordo: Lepidoptera, Famili: Plutellidae, Genus: Plutella, Spesies: *Plutella xylostella* (Myers *et al.*, 2018).

Siklus hidup *P. xylostella* lebih pendek pada ketinggian 180-250 mdpl dibandingkan dengan ketinggian diatas 1.100 mdpl. Total waktu yang dibutuhkan *P. xylostella* dalam perkembangan hidupnya yaitu berkisar 25-30 hari. *P. xylostella* mempunyai 4 fase dalam siklus hidup yaitu imago, telur, larva dan pupa. Lama proses setiap fase bergantung pada kondisi lingkungan (Winarto dan Sebayang, 2015).

Imago. Imago atau dewasa berukuran panjang 9 mm dan berwarna cokelat kelabu. Panjang antena kira-kira 5 mm. Pada sayap depan terdapat tiga buah lekukan berwarna putih yang menyerupai berlian, sehingga disebut *Diamondback moth* (Gambar 1) (Winarto dan Sebayang, 2015). Imago aktif pada petang dan malam hari. Perkawinan imago *P. xylostella* terjadi pada petang hari dan berlangsung di hari yang sama ketika imago muncul. Apabila tanaman inang tersedia, maka imago akan meletakkan telur beberapa jam setelah proses perkawinan. Lama hidup imago betina kira-kira 16 hari sedangkan imago jantan kira-kira 12 hari (Hermansson, 2016).



Gambar 1. Imago *P. xylostella* (Haputhanthri dan Tharanga, 2018)

Telur. Bentuk telur oval berukuran 0,6 x 0,3 mm. Warna telur berkilau dan bertekstur lembek (Gambar 2). Ngengat betina meletakkan telur secara tunggal atau kelompok kecil (tiga atau empat telur) di sekitar tulang daun bagian bawah. Imago betina akan bertelur hingga 10 hari dengan rata-rata 5,6 hari. Jumlah telur yang dihasilkan dapat mencapai 250 sampai 320 telur, dengan rata-rata telur

yang dihasilkan yaitu 150 telur. Waktu Telur diletakkan pada bawah permukaan daun dan disekitar tulang daun agar terlindungi dari sinar matahari secara langsung, angin dan air hujan (Hermansson, 2016).



Gambar 2. Telur *P. xylostella* (Hakim *et al.*, 2014)

Larva. Larva *P. xylostella* memiliki 4 instar. Rata-rata waktu pembentukan masing-masing instar berkisar 4,5 (3-7); 4(2-7); 4(2-8); dan 5 (2-10) hari. Panjang masing-masing larva instar 1 hingga 4 yaitu 1,7; 3,5; 7,0; dan 11,2 mm. Serta lebar kapsul kepala yaitu 0,16; 0,25; 0,37; dan 0,61 mm. Larva bergerak aktif. Apabila dalam kondisi terganggu, maka larva akan menggeliat, bergerak mundur dan turun dari tanaman menggunakan untaian sutera. Bentuk tubuh larva meruncing pada kedua ujungnya, dan sepasang proleg menonjol dari ujung posterior, membentuk "V" (Gambar 3). Pada instar pertama, larva *P. xylostella* tidak berwarna kemudian pada instar selanjutnya akan berubah warna menjadi hijau (Capinera, 2015). Begitu telur menetas, larva instar pertama akan masuk kedalam dan memakan jaringan daun. Kemudian instar kedua akan keluar dari dalam jaringan daun dan mulai memakan daun bagian luar. Begitupula pada instar ketiga dan keempat yang memakan daun bagian luar (Hermansson, 2016).



Gambar 3. Larva *P. xylostella* (Capinera, 2015)

Pupa. Setelah instar keempat larva berhenti mengkonsumsi dedaunan dan sebelum mulai memasuki tahap prapupa, yang berlangsung antara 1 dan 3 hari pada suhu antara 10-20°C (Hermansson, 2016). Pupa *P. xylostella* terbungkus kokon (jala sutera) dan diletakkan dibawah permukaan daun (Gambar 4). Dalam

kembang kol dan brokoli, pupasi bisa terjadi pada kuntum bunga. Panjang pupa berkisar antara 7 sampai 9 mm. Lama stadium pupa rata-rata 8,5 hari (Capinera, 2015)



Gambar 4. Pupa *P. xylostella* (Capinera, 2015)

2.2 Tanaman Inang dan Gejala Serangan *P. xylostella*

P. xylostella hanya menyerang tumbuhan yang tergolong kedalam famili Cruciferae. Hampir semua tanaman sayuran crucifera dimakan, termasuk brokoli, kubis, kembang kol, kangkung, mustard, lobak, dan selada air (Capinera, 2015).

Kerusakan tanaman disebabkan oleh aktivitas makan larva *P. xylostella*. Meskipun ukuran larva yang kecil, namun kemampuan makan yang tinggi dapat mengakibatkan serangan yang berat pada tanaman. Umumnya pada fase larva bersifat rakus karena membutuhkan banyak energi untuk pembentukan pupa. Larva akan memakan jaringan foliar hingga menyisakan tulang daun saja. Gejala serangan larva instar pertama, akan menimbulkan liang korokan berwarna transparan pada bagian luar daun (Capinera, 2015). Larva *P. xylostella* instar ketiga dan keempat makan permukaan bawah daun kubis dan meninggalkan lapisan epidermis bagian atas. Setelah jaringan daun membesar, lapisan epidermis pecah, sehingga terjadi lubang-lubang pada daun. Jika tingkat populasi larva tinggi, akan terjadi kerusakan berat pada tanaman kubis, sehingga yang tinggal hanya tulang-tulang daun kubis (Sastrosiswojo *et al.*, 2005).

2.3 Klasifikasi dan Morfologi Jamur Entomopatogen

***L. lecanii* (Zimm) (Hypocreales: Hypocreaceae).** Klasifikasi Jamur *L. lecanii* yaitu Kerajaan: Fungi, Filum: Ascomycota, Kelas: Sordariomycetes, Ordo: Hypocreales, Famili: Hypocreaceae, Genus: *Lecanicillium*, dan Spesies: *Lecanicillium lecanii* (Zare dan Gams, 2001 dalam Shinde *et al.*, 2010).

Koloni jamur pada media PDA berwarna putih, tekstur koloni tebal, padat, dan membentuk wol, dengan pertumbuhan hingga 3,3 x 2,8 cm pada suhu 23°C.

Struktur spora dan hifa dapat terlihat dengan jelas pada inang. Hifa hialin dengan diameter 2,8 μm . Phialid- phialid berbentuk jarum dan terdapat banyak konidia pada kepala, konidiofor bercabang vertikal. Konidia hialin, berbentuk elips atau silindris dengan sedikit depresi di tengahnya, terkadang ujung sedikit runcing (3-7 x 1-2 μm). Konidia juga terkadang berbentuk oval dengan panjang 1,8-5 x 1,4-2,8 μm (Shinde *et al.*, 2010).

***M. anisopliae* (Metsch) (Moniliales: Moniliaceae).** Klasifikasi Jamur *M. anisopliae* yaitu Kerajaan: Fungi, Kelas: Deuteromycetes, Filum: Ascomycota, Ordo: Moniliales, Famili: Moniliaceae, Genus: *Metarhizium*, Spesies: *Metarhizium anisopliae* (Ahmad, 2004).

Koloni jamur pada media PDA berwarna hijau zaitun. Panjang konidiofor mencapai 75 μm , bertumpuk-tumpuk dan diselubungi oleh konidia yang berbentuk apikal dan bercabang-cabang dengan ukuran kira-kira 6-9,5 x 1,5-3,9 μm (Barnet, 1969 dalam Ahmad, 2004). Miselium bersekat dengan diameter 1,98-2,97 μm . Konidia bersel satu berwarna hialin dengan bentuk bulat silindris berukuran 9,94 x 3,96 μm (Prayogo *et al.*, 2005).

2.4 Mekanisme Infeksi Jamur Entomopatogen

Mekanisme infeksi jamur entomopatogen diawali dengan kontak pertama antar konidia jamur dengan integumen inang. Konidia akan menempel pada epikutikula serangga dan mulai berkecambah (Shinde *et al.*, 2010). Keterikatan konidia pada kutikula dipengaruhi oleh faktor-faktor seperti topografi, komposisi kimia kutikula inang, hidrofobisitas permukaan inang, dan kondisi lingkungan. Setelah itu terjadi perkecambahan konidia berbentuk tabung kecambah yang menembus kutikula secara langsung (Aw dan Hue, 2017).

Tabung kecambah menembus dengan cara merusak epikutikula dan prokutikula inang. Dalam hal ini titik penetrasi sangat dipengaruhi oleh konfigurasi morfologi integumen. Penembusan dilakukan secara mekanis atau kimiawi dengan mengeluarkan enzim dan toksin (Prayogo *et al.*, 2005). Jamur entomopatogen memiliki enzim yang berperan penting selama penetrasi ke serangga inang, seperti enzim kitinase, lipase, protease dan lain sebagainya (Shinde *et al.*, 2010). Kitinase dan protease yang bekerja secara sinergis untuk mencerna kutikula serangga. Sedangkan kitinase, lipase, dan protease, masing-masing dapat menguraikan komponen kutikula serangga, serta memungkinkan keberhasilan penetrasi dan penyerapan nutrisi inang. Selain itu, jamur

entomopatogen juga menghasilkan enzim katalase dan peroksidase yang berfungsi melindungi permukaan konidia dari oksigen reaktif yang terbentuk dari radiasi sinar ultraviolet serta dari panas lingkungan (Aw dan Hue, 2017).

Setelah terjadi penetrasi, lalu berlanjut ke proses infeksi. Proses infeksi terjadi ketika hifa jamur mengkolonisasi jaringan inang dan memproduksi perpanjangan badan hifa (blastospora) untuk mengambil nutrisi dalam tubuh inang. Gejala infeksi yang disebabkan oleh jamur akan menimbulkan perubahan warna pada inang. Setelah seluruh nutrisi inang diserap oleh jamur, selanjutnya blastospora berdiferensiasi menjadi hifa yang memanjang dan keluar dari tubuh inang membentuk miselia dari konidiospora yang menutupi seluruh integumen inang sehingga menyebabkan mumifikasi (pengerasan) (Shinde *et al.*, 2010).

Pada umumnya serangga sudah mati sebelum proliferasi blastospora. Tidak selalu jamur tumbuh keluar menembus integumen serangga. Apabila keadaan yang kurang mendukung maka perkembangan saprofit hanya berlangsung didalam tubuh inang. Dalam hal tersebut, maka jamur akan membentuk struktur khusus untuk pertahanan yang disebut dengan arthrospora. Pada waktu serangga mati, fase perkembangan saprofit jamur dimulai dengan penyerangan jaringan dan berakhir dengan pembentukan organ reproduksi. Pertumbuhan cendawan biasanya diikuti dengan pengeluaran pigmen atau toksin yang dapat melindungi serangga inang dari serangan mikroorganisme lain terutama bakteri (Prayogo *et al.*, 2005). Apabila kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan jamur, maka konidiospora dewasa akan menghasilkan konidia kembali yang digunakan untuk siklus hidup selanjutnya (Shinde *et al.*, 2010).

2.5 Faktor yang Mempengaruhi Keefektifan Jamur Entomopatogen

Keefektifan jamur entomopatogen dalam menginfeksi inangnya ditentukan oleh berbagai faktor. Faktor-faktor tersebut menurut (Prayogo, 2006) yaitu jenis hama sasaran, waktu aplikasi, konsentrasi aplikasi, frekuensi aplikasi, penambahan perekat, dan penambahan bahan pembawa.

1. Jenis hama sasaran

Identifikasi jenis hama sasaran merupakan tindakan pertama yang dilakukan untuk menentukan jenis jamur entomopatogen yang akan digunakan. Setiap jenis entomopatogen memiliki inang yang spesifik. Misalnya jamur *M. anisopliae* dapat menginfeksi beberapa jenis serangan dari ordo Coleoptera, Lepidoptera, Isoptera, Homoptera, dan Hemiptera. Namun *M. anisopliae* paling aktif

mengendalikan hama dari ordo Isoptera (Prayogo, 2006). Selain itu, jamur *L. lecanii* dapat menginfeksi walang sangit (*Leptocorisa acuta*) serta dapat mengkolonisasi telur hama penghisap polong *Riptortus linearis*.

2. Waktu aplikasi

Jamur entomopatogen memerlukan kelembaban yang tinggi untuk tumbuh berkembang. Kelembaban tinggi dibutuhkan untuk pembentukan tabung kecambah. Kelembaban diatas 90% selama 6-12 jam setelah inokulasi dibutuhkan untuk melakukan penetrasi ke dalam tubuh serangga. Jamur sangat rentan terhadap sinar matahari dan sinar ultraviolet. *L. lecanii* akan kehilangan viabilitas sebesar 16% apabila terpapar sinar matahari dalam waktu 4 jam, namun apabila lebih dari 8 jam maka viabilitas berkurang hingga 50%. *L. lecanii* pada sore hari (setelah pukul 16.00) mampu menyebabkan kematian pada *R. linearis* hingga 80%.

3. Konsentrasi aplikasi

Konsentrasi jamur entomopatogen ditentukan berdasarkan kerapatan konidia dalam setiap milimeter air. Kerapatan konidia yang dibutuhkan tergantung pada jenis dan populasi hama yang akan dikendalikan. Pada tanaman pangan dibutuhkan kerapatan konidia yang lebih tinggi dibandingkan tanaman perkebunan. Kerapatan konidia *M. anisopliae* sebesar 10^{15} konidia/ml. dibutuhkan untuk mengendalikan hama wereng. Hal itu dikarenakan tanaman pangan bersifat semusim sehingga sekali aplikasi, jamur harus mampu menginfeksi dan mengkolonisasi hama sasaran. Oleh karena itu kerapatan konidia yang dibutuhkan harus tinggi. Konsentrasi jamur entomopatogen harus ditentukan secara tepat. Kerapatan *M. anisopliae* yang dibutuhkan untuk mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera litura*) yaitu 10^7 konidia/ml.

4. Frekuensi aplikasi

Frekuensi aplikasi dilakukan bertujuan untuk menggantikan konidia pada tahap awal yang belum mampu menginfeksi hama sasaran dengan konidia pada tahap selanjutnya. Frekuensi aplikasi ditentukan oleh kondisi cuaca, hujan, angin, dan sinar matahari. Aplikasi juga memperhatikan stadia dari serangga sasaran yang tidak seragam. Perubahan instar serangga akan mempengaruhi perubahan perilaku serangga yang akhirnya akan berpengaruh pada frekuensi aplikasi. Aplikasi *M. anisopliae* tiga kali berturut-turut selama 3 hari lebih efektif dalam mengendalikan *S. litura* sehingga mengakibatkan mortalitas hama sebesar

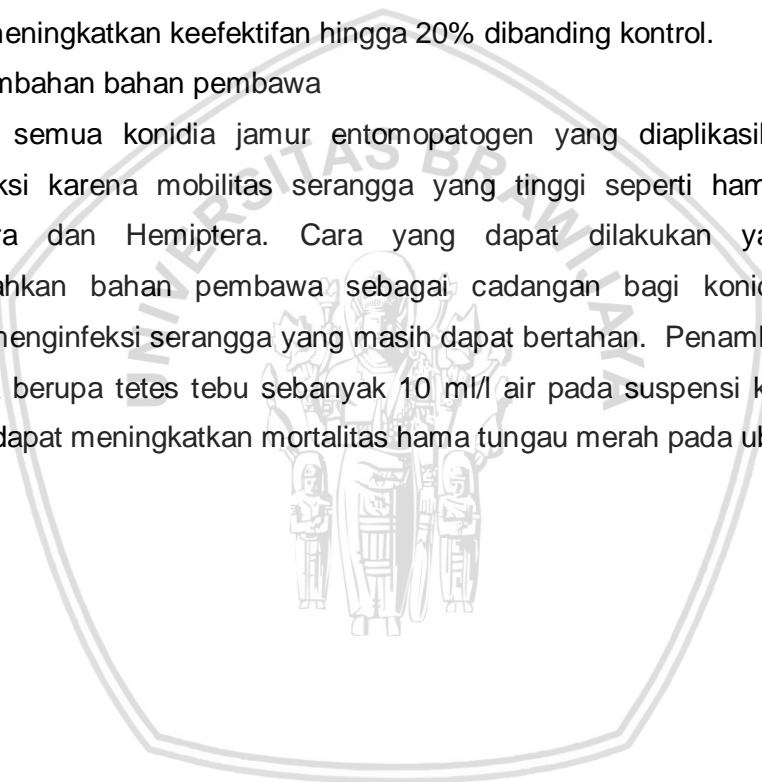
86% dibandingkn hanya satu kali aplikasi yang menimbulkan mortalitas sebesar 40%.

5. Penambahan perekat

Proses infeksi jamur kedalam tubuh serangga dapat mengalami kegagalan baik karena faktor internal maupun eksternal. Salah satu upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan menggunakan bahan perekat untuk meningkatkan daya rekat pada integumen serangga. Maka konidia langsung menempel pada integumen serangga serta dapat melakukan inokulasi. Penambahan bahan perekat alkil gliserol ftalat 1 ml/l kedalam suspensi *L. lecanii* sebelum aplikasi mampu meningkatkan keefektifan hingga 20% dibanding kontrol.

6. Penambahan bahan pembawa

Tidak semua konidia jamur entomopatogen yang diaplikasikan berhasil menginfeksi karena mobilitas serangga yang tinggi seperti hama dari ordo Homoptera dan Hemiptera. Cara yang dapat dilakukan yaitu dengan menambahkan bahan pembawa sebagai cadangan bagi konidia sebelum berhasil menginfeksi serangga yang masih dapat bertahan. Penambahan bahan pembawa berupa tetes tebu sebanyak 10 ml/l air pada suspensi konidia jamur *L.lecanii* dapat meningkatkan mortalitas hama tungau merah pada ubi kayu.



BAB III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Hama Tumbuhan sub Laboratorium Pengembangan Agens Hayati (untuk perbanyak jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae*) dan Laboratorium Hama 2 (untuk perbanyak larva *P. xylostella*), Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai Mei 2018.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam kegiatan penelitian yaitu cawan Petri (d= 9 cm), labu Erlenmeyer (1000 ml), Botol Schott (250 ml), Bunsen, gelas ukur (10 ml), gelas Beker (250 ml), tabung reaksi, pipet, mikropipet, botol sprayer, Haemositometer, *hand counter*, Mikroskop, aerator, jarum ose, nampan plastik, toples plastik, kain kasa, kain saring, kertas tisu, aluminium foil, plastik wrap, timbangan analitik.

Bahan-bahan yang digunakan dalam kegiatan penelitian yaitu isolat jamur *M. anisopliae* dan *L. lecanii*, daun sawi, larva *P. xylostella*, aquades, kentang, gula, cairan madu 10% sebagai pakan imago *P. xylostella*, kertas milimeter.

3.3 Pelaksanaan Penelitian

3.3.1 Perbanyak serangga uji *P. xylostella*

Perbanyak larva *P. xylostella* dilakukan di dalam laboratorium. Larva yang digunakan untuk perbanyak didapatkan dari lapang pertanaman kubis dan bunga kol. Larva yang telah didapatkan tersebut kemudian diletakkan dalam wadah berupa kotak plastik bening berukuran panjang 30 cm, lebar 15 cm, dan tinggi 12 cm, lalu tutup kotak plastik dilubangi menggunakan *cutter* dengan panjang 10 cm dan lebar 5 cm. Kemudian lubang tersebut diberi kain kasa sebagai sirkulasi udara (Gambar 5). Selanjutnya larva tersebut dipelihara dengan diberi pakan daun sawi setiap 2 hari sekali (Peres *et al.*, 2017). Daun sawi yang digunakan didapatkan dari supermarket. Sebelum digunakan sebagai pakan larva, sebelumnya daun sawi dicuci menggunakan air dari kran yang mengalir untuk mengurangi residu yang menempel pada daun.



Gambar 1 .Wadah larva *P. Xylo.stella*

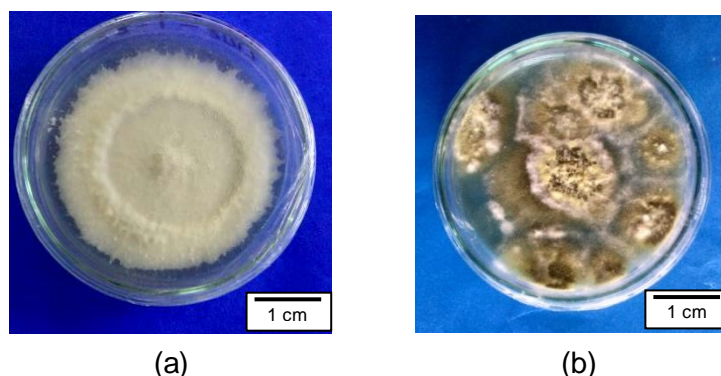
Pupa yang terbentuk kemudian dimasukkan kedalam sangkar perkawinan atau kurungan kain kasa dengan ukuran diameter 15 cm dan tinggi 30 cm (Gambar 6). Sebelum imago muncul, terlebih dahulu membuat pakan imago yaitu berupa cairan madu 10%. Cairan madu tersebut dioleskan pada kapas dan menggantungkannya pada atap kurungan kain kasa. Selanjutnya, memasukkan daun sawi yang baru ke dalam kurungan kain kasa sebagai tempat imago betina meletakkan telur dan sebagai pakan untuk larva *P. xylostella* yang nanti akan menetas dari telurnya. Larva-larva pada daun sawi dipelihara seperti cara sebelumnya sampai mendapatkan larva uji (instar 3) yang seragam dan dalam jumlah yang diperlukan (Susniahti *et al.*, 2005).



Gambar2. Sangkar perkawinan imago *P. xylostella*

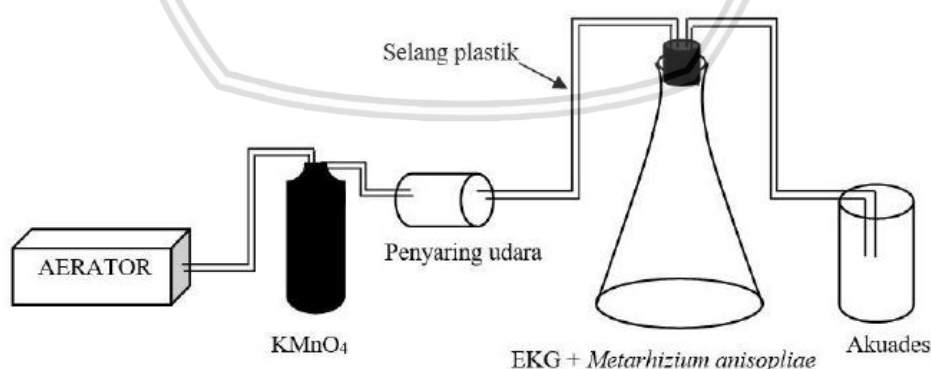
3.3.2 Perbanyakan jamur *L. lecanii* dan *M.anisopliae*

Isolat jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M.anisopliae* diperoleh dari koleksi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Brawijaya. Isolat jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M.anisopliae* kemudian dikembangkan pada media PDA (*Potato Dextrose Agar*) dan diinkubasi selama 21 hari hingga miselium tumbuh memenuhi seluruh permukaan media PDA (Gambar 7a dan 7b).



Gambar 3. Jamur entomopatogen yang dibiakkan pada media PDA selama 21 hari: (a). *L. lecanii*, (b). *M. anisopliae*

Setelah dikembangkan di media PDA, kemudian melakukan perbanyakan jamur menggunakan media EKG (Ekstrak Kentang Gula) dengan metode aerasi (Gambar 8). Langkah pertama yang dilakukan yaitu mengambil 10 ml aquades steril dan dimasukkan ke dalam media biakkan jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae*. Kemudian miselium jamur diambil menggunakan jarum ose hingga seluruh miselium luruh. Campuran aquades steril dan miselium jamur yang telah luruh kemudian dimasukkan ke dalam botol erlenmeyer yang berisi 500 ml media EKG. Setelah itu melakukan perbanyakan dengan metode aerasi selama ± 7 hari hingga mendapatkan kerapatan konidia yang diinginkan.



Gambar 4. Perbanyakan jamur metode aerasi (Ulya *et al.*, 2016)

3.3.3 Pembuatan suspensi jamur *L. lecanii* dan *M.anisopliae*

Jamur *L. lecanii* dan *M.anisopliae* yang telah diperbanyak menggunakan metode aerasi, kemudian dilakukan perhitungan kerapatan konidia dengan bantuan mikroskop dan haemositometer. Langkah pertama yang dilakukan yaitu melakukan pengenceran dengan cara mengambil 1 ml suspensi dari media EKG, kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi berisi 9 ml aquades steril, lalu dikocok selama 1 menit. Setelah dikocok, langsung diambil kembali 1 ml dari tabung reaksi kedua tadi kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi ketiga dan dikocok kembali selama 1 menit. Setelah terkocok, langsung diambil 0,5 ml dari tabung reaksi ketiga menggunakan *micropipet* dan langsung diteteskan pada alat haemositometer hingga air tersebut memenuhi seluruh selokan kemudian tutup dengan *cover glass*. Kemudian dilakukan pengamatan dibawah mikroskop binokuler perbesaran 40x. Konidia yang terlihat kemudian dihitung dengan bantuan *hand counter*. Setelah itu dilakukan perhitungan menggunakan rumus (Budi *et al.*, 2013):

$$C = \frac{t \times d}{n \times 0,25} \times 10^6$$

Keterangan :

C = kerapatan spora per ml larutan

t = jumlah total spora dalam kotak sampel yang diamati

d = faktor pengenceran (nilai d= 1 bila tanpa pengenceran, nilai d= 10 bila dilakukan pengenceran 1 kali)

n = jumlah kotak sampel (5 kotak besar x 16 kotak kecil)

0,25= faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala kecil pada haemositometer

Perhitungan dilakukan hingga mendapatkan nilai kerapatan konidia sebesar 10^9 konidia/ml. Kemudian dilakukan standarisasi agar masing-masing suspensi dari jamur *M. anisopliae* dan *L. lecanii* memiliki konsentarsi 1×10^9 konidia/ml. Untuk memperoleh konsentrasi tersebut, dilakukan pengenceran larutan stok dengan menggunakan rumus (Ulya *et al.*, 2016) sebagai berikut:

$$V1.N1 = V2.N2$$

Keterangan:

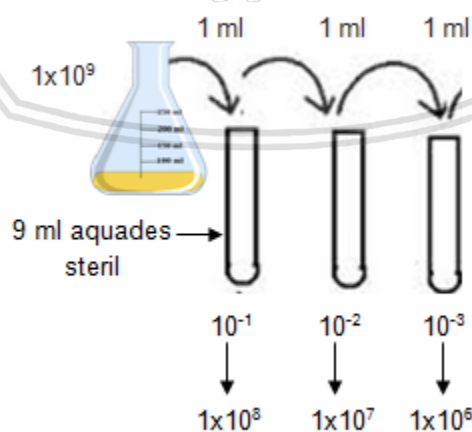
V1 = volume larutan stok (ml)

N1 = konsentrasi larutan stok (konidia/ml)

V2 = volume larutan yang diharapkan (ml)

N2 = konsentrasi larutan yang diharapkan (konidia/ml)

Setelah mendapatkan konsentrasi 1×10^9 konidia/ml, kemudian dilakukan pengenceran untuk mendapatkan konsentrasi 1×10^6 , 1×10^7 dan 1×10^8 konidia/ml (Gambar 9). Langkah pertama yang dilakukan yaitu dengan mengambil 1 ml suspensi pada konsentrasi 1×10^9 konidia/ml, kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi berisi 9 ml aquades steril lalu dikocok selama 1 menit hingga homogen. Pengenceran pertama tersebut untuk mendapatkan konsentrasi 1×10^8 konidia/ml. Pengenceran selanjutnya dilakukan dengan cara mengambil 1 ml suspensi pada konsentrasi 1×10^8 konidia/ml, kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi berisi 9 ml aquades steril lalu dikocok hingga homogen. Hasil pengenceran kedua tersebut menghasilkan konsentrasi 1×10^7 konidia/ml. Begitupula pada pada pengenceran berikutnya hingga mendapatkan konsentrasi 1×10^6 konidia/ml.



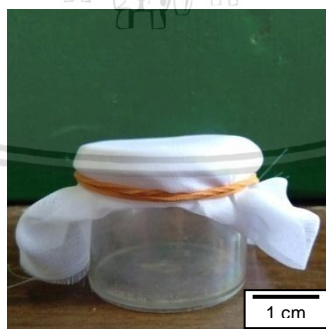
Gambar 5. Pengenceran larutan stok

3.3.4 Aplikasi jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae*

Jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* diaplikasikan dengan cara menyemprotkan suspensi 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 dan 1×10^9 konidia/ml pada daun sawi dan larva menggunakan botol semprot (Gambar 10). Aplikasi konidia jamur entomopatogen pada daun sawi sebanyak 2 ml untuk 10 potong daun sawi berukuran 3x4 cm, sedangkan pada larva aplikasi konidia disemprot dengan volume 5 ml/10 ekor larva instar 3. Pada perlakuan kontrol, bahan yang disemprotkan yaitu aquades steril. Setelah dikeringanginkan, daun sawi dan larva dimasukkan kedalam wadah toples berdiameter 5 cm kemudian ditutup dengan kain kasa (Gambar 11). Setiap wadah berisi 1 daun sawi berukuran 3x4 cm dan 1 ekor larva instar 3. Pengamatan terhadap mortalitas larva dilakukan setiap hari sampai 7 hari setelah aplikasi (Nuraida, 2010).



Gambar 6. Botol semprot untuk aplikasi jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae*



Gambar 7. Wadah toples untuk daun sawi dan larva *P. xylostella* setelah aplikasi jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae*

3.4 Metode Penelitian

Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial (RALF) dengan 2 faktor. Faktor pertama adalah jenis jamur entomopatogen yaitu *L. lecanii* dan *M. anisopliae* dan faktor kedua adalah konsentrasi kerapatan konidia yang berbeda yaitu 1×10^6 , 1×10^7 , 1×10^8 , dan 1×10^9 konidia/ml. Perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Parameter pengamatan pada penelitian ini yaitu penghambatan aktivitas makan larva, mortalitas larva, dan keberhasilan pembentukan pupa menjadi imago.

1. Penghambatan aktivitas makan larva *P. xylostella*

Pengujian penghambatan aktivitas makan larva *P. xylostella* dilakukan berdasarkan luas daun yang berlubang dan diukur menggunakan kertas milimeter. Daun yang digunakan yaitu daun sawi berukuran 3x4 cm. Pengamatan dilakukan pada 2, 4, 6, 12, 24, dan 48 jam setelah aplikasi. Persentase penghambatan makan dihitung menggunakan rumus menurut Hasnah *et al.*, (2013), sebagai berikut:

$$Pm : \frac{Lk - Lp}{Lk} \times 100\%$$

Keterangan:

Pm : Persentase penghambatan makan

Lk : Luas daun kontrol yang dimakan

Lp : Luas daun perlakuan yang dimakan

2. Mortalitas larva *P. xylostella*

Pengamatan mortalitas larva *P. xylostella* dilakukan setiap hari selama 7 hari setelah perlakuan. Presentase mortalitas larva *P. xylostella* dihitung menggunakan rumus menurut Utami (2010) sebagai berikut:

$$\% \text{ Mortalitas} : \frac{\sum \text{larva yang mati}}{\sum \text{total larva}} \times 100\%$$

Setelah pengamatan mortalitas, maka dapat dilakukan perhitungan Lethal Time (LT_{50}). Lethal Time (LT_{50}) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mematikan 50% larva uji. Perhitungan LT_{50} dilakukan menggunakan software IBM SPSS Statistic 20.

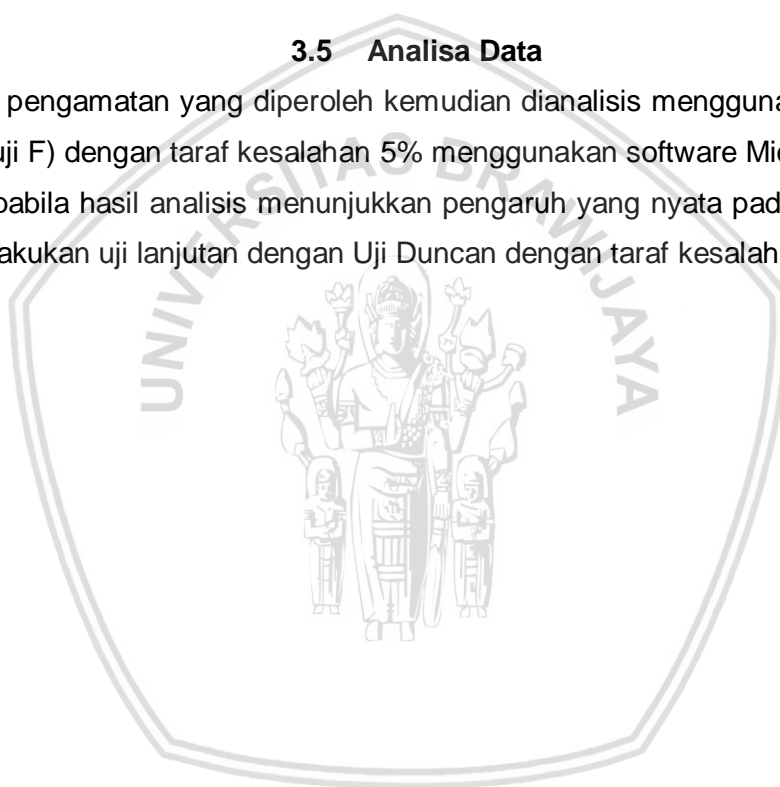
3. Keberhasilan pembentukan pupa menjadi imago

Larva yang bertahan hidup diamati hingga menjadi pupa dan imago. Pengamatan dilaksanakan dengan cara menghitung jumlah pupa dan imago *P. xylostella* yang terbentuk. Persentase keberhasilan pembentukan pupa menjadi imago dihitung dengan menggunakan rumus menurut Hasnah *et al.* (2013) sebagai berikut:

$$\% \text{ Pembentukan imago} : \frac{\sum \text{imago yang terbentuk}}{\sum \text{pupa yang terbentuk}} \times 100\%$$

3.5 Analisa Data

Data pengamatan yang diperoleh kemudian dianalisis menggunakan analisis ragam (uji F) dengan taraf kesalahan 5% menggunakan software Microsoft Excel 2007. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang nyata pada perlakuan, maka dilakukan uji lanjutan dengan Uji Duncan dengan taraf kesalahan 5%.



BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengaruh jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda terhadap penghambatan aktivitas makan larva *P. xylostella*

Penghambatan aktivitas makan larva *P. xylostella* diamati dengan cara menghitung luas daun yang dimakan oleh larva. Penghambatan terlihat dari berkurangnya daya makan dan kemampuan mengonsumsi makanan dari larva. Berdasarkan hasil analisis ragam, diketahui bahwa jenis jamur entomopatogen serta interaksi antara jenis jamur dan kerapatan konidia, keduanya tidak menunjukkan pengaruh nyata terhadap rerata penghambatan makan larva *P. xylostella*. Namun pada hasil analisis ragam juga menunjukkan bahwa, ada pengaruh kerapatan konidia terhadap rerata penghambatan makan larva (Tabel lampiran 1). Rerata penghambatan aktivitas makan larva *P. xylostella* disajikan dalam tabel 1.

Tabel 1. Rerata penghambatan aktivitas makan larva *P. xylostella* oleh jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda

Perlakuan		Rerata penghambatan (%) \pm SD
Jenis jamur	Konsentrasi kerapatan	
<i>L. lecanii</i>	Tanpa aplikasi	0,00 \pm 0,00 a
	1x10 ⁶ konidia/ml	23,16 \pm 8,83 b
	1x 10 ⁷ konidia/ml	33,03 \pm 9,45 bc
	1x 10 ⁸ konidia/ml	53,13 \pm 18,40 c
	1x 10 ⁹ konidia/ml	55,61 \pm 25,00 c
<i>M. anisopliae</i>	Tanpa aplikasi	0,00 \pm 0,00 a
	1x 10 ⁶ konidia/ml	15,78 \pm 5,10 b
	1x 10 ⁷ konidia/ml	23,26 \pm 17,50 c
	1x 10 ⁸ konidia/ml	34,39 \pm 18,10 d
	1x 10 ⁹ konidia/ml	43,65 \pm 22,90 e

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata berdasarkan uji lanjut Duncan dengan taraf kesalahan 5%. Data di transformasi menggunakan akar kuadrat untuk keperluan analisa statistik, SD = Standar Deviasi

Tabel 1 menunjukkan bahwa aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* dengan konsentrasi kerapatan 10⁶, 10⁷, 10⁸, dan 10⁹ konidia/ml mampu menghambat aktivitas makan larva *P. xylostella* serta mampu

menghasilkan rerata penghambatan aktivitas makan larva yang berbeda-beda pada masing-masing kerapatan konidia.

Pada perlakuan jamur *L. lecanii* pada konsentrasi kerapatan 10^9 konidia/ml menghasilkan persentase penghambatan aktivitas makan sebesar 55,61% yang tidak berbeda nyata dengan persentase penghambatan pada konsentrasi kerapatan 10^8 konidia/ml yaitu sebesar 53,13% dan 10^7 konidia/ml yaitu sebesar 33,03%. Sedangkan pada perlakuan *M. anisopliae*, persentase penghambatan aktivitas makan larva tertinggi terdapat pada konsentrasi kerapatan 10^9 konidia/ml yaitu sebesar 43,65%.

Jamur *L. lecanii* 10^9 konidia/ml dan *M. anisopliae* 10^9 konidia/ml mampu menghambat aktivitas makan larva *P. xylostella* lebih baik dibandingkan dengan kerapatan konidia lainnya. Dari hasil pengamatan juga dapat dilihat bahwa jamur *L. lecanii* 10^9 konidia/ml mampu menghasilkan rerata persentase penghambatan lebih tinggi yaitu 55,61% dibandingkan dengan *M. anisopliae* 10^9 konidia/ml yang hanya 43,65%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan *L. lecanii* lebih baik dibandingkan *M. anisopliae* dalam menghambat aktivitas makan larva *P. xylostella*. Namun secara keseluruhan terlihat bahwa, pengaplikasian jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda menghasilkan persentase penghambatan aktivitas makan yang berbeda. Semakin tinggi nilai kerapatan konidia maka semakin tinggi persentase penghambatan makan dari larva *P. xylostella*.

Penghambatan aktivitas makan merupakan salah satu gejala infeksi dari jamur entomopatogen. Gejala infeksi yang ditimbulkan oleh jamur entomopatogen yaitu adanya perubahan perilaku dari larva *P. xylostella*. Menurut Hermansson (2016) larva *P. xylostella* merupakan larva yang bersifat aktif. Larva bergerak aktif apabila dalam kondisi terganggu dengan cara menggeliat, bergerak mundur dan turun menggunakan untaian sutera. Selain itu, larva *P. xylostella* tergolong rakus. Namun setelah aplikasi jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada beberapa kerapatan, aktivitas larva *P. xylostella* menjadi terganggu seperti kurang aktif dalam bergerak dan cenderung lamban serta daya makan larva menjadi berkurang setelah perlakuan dibandingkan dengan kontrol. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Yuningsih (2016) yaitu serangga yang terinfeksi jamur entomopatogen akan menunjukkan gejala gerakan lamban, diam dan mati.

Perubahan perilaku larva *P. xylostella* ini diakibatkan karena adanya benda asing yang masuk kedalam tubuh larva yaitu konidia dari jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* yang menyebabkan “sakit” pada larva. Semakin tinggi kerapatan konidia maka semakin banyak pula propagul jamur yang menginfeksi dengan cara menyerap nutrisi dalam tubuh larva sehingga menurunkan aktivitas larva tersebut salah satunya dalam daya makan.

4.2 Pengaruh jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda terhadap mortalitas larva *P. xylostella*

Pengamatan persentase mortalitas larva *P. xylostella* dilakukan selama 7 hsa (hari setelah aplikasi). Hasil pengamatan pada jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* terhadap larva menunjukkan bahwa jamur entomopatogen mampu menginfeksi dan menyebabkan mortalitas larva *P. xylostella*. Berdasarkan hasil analisis ragam, diketahui bahwa jenis jamur entomopatogen dan kerapatan konidia menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap persentase mortalitas larva *P. xylostella* (Tabel lampiran 2). Rerata persentase mortalitas larva *P. xylostella* disajikan dalam tabel 2.

Tabel 2. Rerata mortalitas larva *P. xylostella* setelah aplikasi jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda selama 7 hsa

Perlakuan		Rerata mortalitas larva (%) \pm SD
Jenis jamur	Konsentrasi kerapatan	
<i>L. lecanii</i>	Tanpa aplikasi	0,00 \pm 0,00 a
	1x10 ⁶ konidia/ml	10,00 \pm 10,00 b
	1x 10 ⁷ konidia/ml	16,67 \pm 11,55 c
	1x 10 ⁸ konidia/ml	23,33 \pm 11,55 d
	1x 10 ⁹ konidia/ml	30,00 \pm 10,00 e
<i>M. anisopliae</i>	Tanpa aplikasi	0,00 \pm 0,00 a
	1x 10 ⁶ konidia/ml	30,00 \pm 10,00 b
	1x 10 ⁷ konidia/ml	33,33 \pm 5,77 c
	1x 10 ⁸ konidia/ml	40,00 \pm 10,00 d
	1x 10 ⁹ konidia/ml	46,67 \pm 11,55 e

Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata berdasarkan uji lanjut Duncan dengan taraf kesalahan 5%. Data di transformasi menggunakan akar kuadrat untuk keperluan analisa statistik, SD = Standar Deviasi

Tabel 2 menunjukkan bahwa aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* dengan konsentrasi kerapatan 10^6 , 10^7 , 10^8 , dan 10^9 konidia/ml mampu mengakibatkan mortalitas larva *P. xylostella* yang berbeda-beda pada masing-masing kerapatan konidia. Perlakuan jamur *L. lecanii* pada konsentrasi kerapatan 10^9 konidia/ml mampu mengakibatkan mortalitas larva *P. xylostella* sebesar 30% lebih tinggi dibandingkan dengan *L. lecanii* pada konsentrasi kerapatan 10^6 konidia/ml sebesar 10%. Begitu pula pada perlakuan jamur *M. anisopliae* 10^9 konidia/ml mampu menghasilkan mortalitas larva *P. xylostella* sebesar 46,67% lebih tinggi dibandingkan dengan jamur *M. anisopliae* 10^6 konidia/ml sebesar 30%.

Jamur *M. anisopliae* 10^9 konidia/ml dan *L. lecanii* 10^9 konidia/ml mampu meningkatkan mortalitas larva *P. xylostella* lebih baik dibandingkan dengan kerapatan konidia lainnya. Dari hasil pengamatan, juga dapat dilihat bahwa jamur *M. anisopliae* 10^9 konidia/ml mampu menghasilkan persentase mortalitas lebih tinggi yaitu 46,67% dibandingkan dengan *L. lecanii* 10^9 konidia/ml yang hanya 30%. Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan *M. anisopliae* lebih baik dibandingkan *L. lecanii* dalam mengakibatkan mortalitas pada larva *P. xylostella*. Namun secara keseluruhan terlihat bahwa, pengaplikasian jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda menghasilkan persentase mortalitas yang berbeda. Semakin tinggi nilai kerapatan konidia maka semakin tinggi persentase mortalitas dari larva *P. xylostella*.

Kemampuan *M. anisopliae* dalam mengakibatkan mortalitas pada larva *P. xylostella* berkaitan dengan enzim dan toksin yang dikeluarkan jamur tersebut untuk mematikan larva. Menurut Widiyanti dan Muyadihardja (2004) jamur ini menghasilkan 6 senyawa enzim yaitu lipase, kitinase, amilase, proteinase, pospatase, dan esterase. Selain itu, jamur *M. anisopliae* juga menghasilkan metabolit sekunder destruxin bersifat toksin yaitu destruxin A ($C_{29}H_{47}O_7N_5$), destruxin B ($C_{25}H_{42}O_6N_4$), destruxin C,D, dan E. Efek dari destruxin tersebut dapat mempengaruhi organella sel (mitokondria, endoplasmik retikulum endoplasma, dan membran inti) serangga sasaran.

Sedangkan pada bahwa jamur *L. lecanii* menurut pernyataan Wang *et al.* (2005) menghasilkan senyawa enzim yaitu protease, lipase, amilase, dan kitinase yang berfungsi merombak struktur dinding sel yang tersusun dari protein,

lemak, karbohidrat, dan kitin. Karbohidrat dan kitin merupakan sumber energi utama untuk pertumbuhan jamur entomopatogen. Selain itu, enzim tersebut bekerja untuk mendegradasi kutikula dari serangga sasaran. Sedangkan toksin yang dihasilkan yaitu *dipicolinic acid*, *hydroxycarboxylic acid*, dan *cyclosporin* yang dapat menyebabkan gangguan pada fungsi haemolimfa dan nukleus serangga sehingga dapat menyebabkan pembengkakan disertai infeksi.

Mortalitas larva *P. xylostella* oleh jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* dapat disebabkan oleh kontak konidia secara langsung pada tubuh larva sehingga terjadi proses infeksi. Menurut Sari dan Thursana (2012) proses jamur entomopatogen dalam menginfeksi serangga sasaran terdapat 4 tahap yaitu, tahap pertama inokulasi dan kontak antara propagul jamur dengan tubuh serangga sasaran. Tahap kedua adalah penempelan dan perkecambahan propagul jamur entomopatogen pada integumen serangga. Tahap ketiga yaitu penetrasi dan invasi pada tubuh serangga yang diikuti dengan pembentukan tabung kecambah (appresorium). Penembusan dilakukan dengan bantuan enzim dan toksin yang dimiliki jamur entomopatogen. Tahap keempat yaitu destruksi pada titik penetrasi dan terbentuknya blastospora yang kemudian beredar ke dalam haemolimfa membentuk hifa sekunder untuk merusak jaringan tubuh lainnya. Ketika jamur mulai berkembang didalam tubuh serangga, maka larva akan menimbulkan gejala sakit seperti gerakan yang tidak terkoordinasi dan akhirnya menyebabkan kematian.

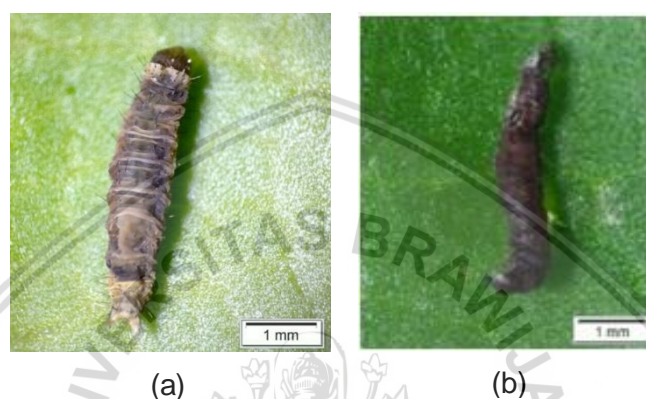
Mortalitas larva *P. xylostella* berdasarkan hasil penelitian dapat dikatakan tergolong rendah. Hal tersebut diduga karena keadaan lingkungan yang kurang mendukung untuk pertumbuhan jamur entomopatogen. Salah satu faktor yang mendukung perkembangan jamur yaitu kelembaban udara. Kelembaban udara tinggi dibutuhkan jamur untuk pembentukan tabung kecambah. Menurut Prayogo (2006) kelembaban optimal yang dibutuhkan jamur untuk berkembang yaitu kelembaban diatas 90% selama 6-12 jam setelah inokulasi. Sedangkan saat pengamatan berlangsung, rata-rata kelembaban ruang tempat pengamatan berkisar antara 54-62% dengan rata-rata suhu 29°C. Sehingga pertumbuhan dan perkembangan jamur entomopatogen kurang optimal untuk menginfeksi seluruh larva *P. xylostella* yang diujikan.

Selain faktor kelembaban, faktor genetik larva juga dapat mempengaruhi infeksi dari jamur entomopatogen. Faktor genetik tersebut salah satunya adalah sistem imun yang dimiliki larva. Imun tersebut digunakan untuk pertahanan larva dalam menangkal infeksi jamur entomopatogen. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Nunilahwati *et al.* (2012) yang mengemukakan bahwa jamur entomopatogen yang menginfeksi tubuh serangga dianggap oleh serangga tersebut sebagai benda asing atau *non-self* yang kemudian respon imun diaktifkan oleh serangga sebagai respon penolakan oleh sistem imun untuk mengatasi invasi organisme lain.

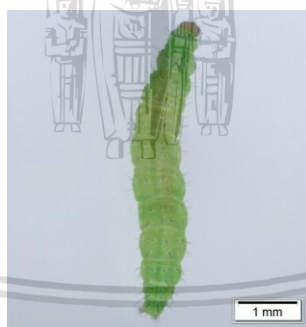
Larva yang mati akibat terinfeksi jamur entomopatogen akan menimbulkan perubahan tingkah laku dan morfologi. Perubahan tingkah laku ditandai dengan lambatnya pergerakan, aktivitas makan menurun, dan kemudian terjadi kematian. Sedangkan perubahan morfologi ditandai dengan perubahan warna dan munculnya miselium dari dalam tubuh larva. Dari hasil pengamatan, secara morfologis larva yang mati terinfeksi jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* akan menimbulkan gejala tubuh yang menghitam dan mumifikasi atau terjadinya pengerasan pada tubuh. Hasil pengamatan tersebut sesuai dengan pernyataan Prayogo *et al.* (2005) yaitu serangga yang mati terinfeksi jamur entomopatogen ditandai dengan tubuh yang lunak dan integumen yang rapuh. Kemudian setelah beberapa hari, larva akan mengeras seperti mumi karena semua jaringan dan cairan dalam tubuh telah diserap serta terjadi melanisasi atau tubuh yang menghitam.

Melanisasi merupakan suatu bentuk pertahanan diri yang dilakukan oleh larva terhadap infeksi jamur entomopatogen. Bentuk pertahanan tersebut dengan munculnya bercak kehitaman yang disebut melanin. Penetrasi hifa kedalam tubuh larva akan mengakibatkan luka atau sobeknya kutikula. Kutikula yang sobek dapat menyebabkan penggumpalan haemolimfa yang kemudian akan terjadi melanisasi pada area luka. Menurut Dono *et al.* (2006) melanisasi kutikula dihasilkan dari senyawa fenol yang dikatalisis oleh enzim fenoloksidase yang diikuti dengan proses penyembuhan luka pada kutikula serangga. Melanin tersebut berfungsi untuk menghambat pertumbuhan jamur yang menginfeksi larva. Selain itu, melanin akan menyelubungi sel asing yang masuk hingga akhirnya sel asing tersebut tidak dapat berkembang.

Larva yang terinfeksi (abnormal) oleh jamur entomopatogen akan memiliki bentuk dan warna yang berbeda dibandingkan dengan larva normal. Pada 3 hari setelah terinfeksi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae*, larva *P. xylostella* mengalami perubahan warna dari kuning pucat hingga menghitam atau terjadi melanisasi, selain itu tubuh larva akan mengalami penyusutan atau mengkerut (Gambar 12a dan 12b). Sedangkan pada larva *P. xylostella* yang normal berwarna hijau muda hingga hijau tua (Gambar 13).



Gambar 1. Perubahan warna tubuh larva *P. xylostella* menjadi coklat kehitaman 3 hari setelah aplikasi jamur entomopatogen: (a) *L. lecanii*, (b) *M. anisopliae*



Gambar 2. Larva *P. xylostella* yang normal

Larva yang mati kemudian diinkubasi pada tisu yang telah dibasahi dengan aquades steril untuk memicu pertumbuhan miselium jamur entomopatogen. Setelah 3 hari diinkubasi, miselium jamur entomopatogen mulai menutupi permukaan tubuh larva. Pada jamur *L. lecanii*, larva *P. xylostella* yang mati muncul miselium berwarna putih yang menyelimuti seluruh permukaan tubuh serangga (Gambar 14a). Hasil pengamatan tersebut sesuai dengan pernyataan Khaerati dan Indriati (2015) yang menyatakan bahwa beberapa hari

setelah larva mati akan terjadi perubahan morfologi yaitu tubuh menjadi kaku dan ditumbuhi miselium putih.

Sedangkan pada jamur *M. anisopliae*, 3 hari setelah inkubasi mulai muncul miselium berwarna putih kemudian berubah warna menjadi kehijauan setelah 5 hari inkubasi (Gambar 14b). Hal tersebut sesuai dengan Sari dan Widyaningrum (2014) yang mengemukakan bahwa setelah 3 hari larva mati akan tumbuh miselium berwarna putih pada seluruh bagian tubuh dan sehari kemudian akan berubah warna menjadi hijau.



Gambar 3. Larva *P. xylostella* yang ditumbuhi miselium jamur entomopatogen:
(a) Miselium *L. lecanii* yang menutupi permukaan tubuh larva setelah 3 hari inkubasi,
(b) Miselium *M. anisopliae* yang menutupi permukaan tubuh larva setelah 5 hari inkubasi,

Berdasarkan hasil pengamatan mortalitas larva, maka dapat diketahui nilai median lethal time (LT_{50}) dari larva *P. xylostella*. Median Lethal Time (LT_{50}) merupakan waktu yang dibutuhkan untuk mematikan 50% dari serangga uji. Perhitungan LT_{50} dilakukan dengan menggunakan software IBM SPSS Statistic 20. Hasil penelitian menunjukkan pada isolat jamur *L. lecanii*, nilai LT_{50} tertinggi (terlama) yaitu pada kerapatan 10^6 konidia/ml dengan 23,21 hari dan rata-rata mortalitas 10%. Sedangkan nilai LT_{50} terendah (tercepat) yaitu pada kerapatan 10^9 konidia/ml dengan 9,18 hari dan rata-rata mortalitas 30%. Pada isolat jamur *M. anisopliae* nilai LT_{50} tertinggi yaitu pada kerapatan 10^6 konidia/ml dengan 8,73 hari dan rata-rata mortalitas 30%. Sedangkan nilai LT_{50} terendah yaitu pada kerapatan 10^9 konidia/ml dengan 6,67 hari dan rata-rata mortalitas 46,67% (Tabel 3).

Tabel 3. LT_{50} dari larva *P. xylostella* setelah aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan yang berbeda

Perlakuan	Nilai LT_{50} (Hari)
P1 (<i>L. lecanii</i> 10^6 konidia/ml)	23,21
P2 (<i>L. lecanii</i> 10^7 konidia/ml)	13,84
P3 (<i>L. lecanii</i> 10^8 konidia/ml)	10,4
P4 (<i>L. lecanii</i> 10^9 konidia/ml)	9,18
P5 (<i>M. anisopliae</i> 10^6 konidia/ml)	8,73
P6 (<i>M. anisopliae</i> 10^7 konidia/ml)	8,41
P7 (<i>M. anisopliae</i> 10^8 konidia/ml)	7,39
P8 (<i>M. anisopliae</i> 10^9 konidia/ml)	6,67

Pada tabel 3 juga menunjukkan bahwa pada kedua jenis jamur, semakin tinggi nilai kerapatan konidia maka semakin rendah nilai LT_{50} , maka semakin cepat pula bagi jamur entomopatogen mematikan 50% serangga uji. Begitupun sebaliknya, semakin rendah nilai LT_{50} , maka semakin lama bagi jamur entomopatogen mematikan 50% serangga yang diujikan. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Rustama *et al.* (2006) bahwa semakin banyak konsentrasi konidia maka semakin banyak pula konidia yang menempel pada kutikula serangga sehingga dapat mempengaruhi kecepatan penetrasi jamur pada dinding tubuh inangnya untuk mempercepat proses infeksi. Selain itu Prayogo *et al.* (2005) mengemukakan bahwa keefektifan jamur entomopatogen dalam menginfeksi serangga sasaran dapat dipengaruhi oleh kerapatan spora, frekuensi aplikasi, umur inang, tempat penyimpanan jamur entomopatogen dan media biakan.

4.3 Pengaruh jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda terhadap keberhasilan pupa menjadi imago

Pembentukan pupa berhubungan dengan mortalitas larva *P. xylostella*. Semakin tinggi mortalitas maka semakin rendah pupa yang terbentuk, begitupula sebaliknya. Hasil pengamatan pada jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* terhadap larva *P. xylostella* menunjukkan bahwa jamur entomopatogen mampu menekan pembentukan imago. Berdasarkan hasil analisis ragam, diketahui bahwa jenis jamur entomopatogen dan kerapatan konidia menunjukkan pengaruh nyata terhadap persentase pembentukan imago

P. xylostella (Tabel lampiran 3). Rerata persentase pembentukan imago *P. xylostella* disajikan dalam tabel 4.

Tabel 4. Rerata pembentukan imago *P. xylostella* aplikasi jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda

Perlakuan		Rerata pembentukan imago (%) \pm SD
Jenis jamur	Konsentrasi kerapatan	
<i>L. lecanii</i>	Tanpa aplikasi	100,00 \pm 0,00 d
	1x10 ⁶ konidia/ml	90,00 \pm 10,00 cd
	1x 10 ⁷ konidia/ml	83,33 \pm 11,55 bc
	1x 10 ⁸ konidia/ml	73,33 \pm 5,77 ab
	1x 10 ⁹ konidia/ml	63,33 \pm 5,77 a
<i>M. anisopliae</i>	Tanpa aplikasi	100,00 \pm 0,00 d
	1x 10 ⁶ konidia/ml	70,00 \pm 10,00 c
	1x 10 ⁷ konidia/ml	60,00 \pm 10,0 bc
	1x 10 ⁸ konidia/ml	53,33 \pm 15,28 ab
	1x 10 ⁹ konidia/ml	43,33 \pm 5,77 a

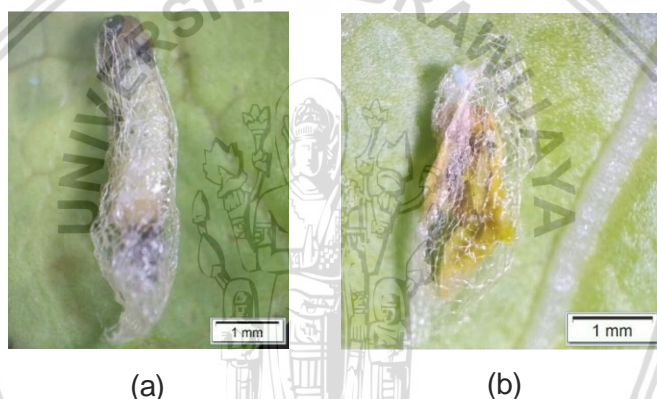
Keterangan: Angka-angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan perbedaan yang tidak nyata berdasarkan uji lanjut Duncan dengan taraf kesalahan 5%. SD= Standar Deviasi.

Tabel 4 menunjukkan bahwa aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* dengan konsentrasi kerapatan 10⁶, 10⁷, 10⁸, dan 10⁹ konidia/ml mampu menekan pembentukan imago *P. xylostella* yang berbeda-beda pada masing-masing kerapatan konidia. Perlakuan jamur *L. lecanii* pada konsentrasi kerapatan 10⁹ konidia/ml menghasilkan persentase pembentukan imago sebesar 63,33%, nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan imago yang terbentuk pada jamur *L. lecanii* pada konsentrasi kerapatan 10⁶ konidia/ml sebesar 90%. Begitu pula pada perlakuan jamur *M. anisopliae* 10⁹ konidia/ml menghasilkan persentase pembentukan imago sebesar 43,33% yang mana nilai tersebut lebih rendah dibandingkan dengan konsentrasi kerapatan 10⁶ konidia/ml sebesar 70%.

Jamur *M. anisopliae* 10⁹ konidia/ml dan *L. lecanii* 10⁹ konidia/ml mampu menghasilkan imago terbentuk lebih rendah dibandingkan dengan kerapatan konidia lainnya. Dari hasil pengamatan dapat dilihat bahwa, jamur *M. anisopliae* 10⁹ konidia/ml mampu menghasilkan persentase imago terbentuk (43,33%) lebih rendah dibandingkan dengan *L. lecanii* 10⁹ konidia/ml (63,33%). Hal tersebut menunjukkan bahwa kemampuan *M. anisopliae* lebih baik

dibandingkan *L. lecanii* dalam menekan pembentukan imago *P. xylostella*. Namun secara keseluruhan terlihat bahwa, pengaplikasian jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kepadatan konidia yang berbeda menghasilkan persentase pembentukan imago yang berbeda. Semakin tinggi nilai kepadatan konidia maka semakin rendah persentase imago *P. xylostella* yang terbentuk.

Hasil pengamatan secara visual ditemukan beberapa pupa *P. xylostella* yang abnormal. Pada pupa *P. xylostella* setelah aplikasi jamur *L. lecanii*, bentuk pupa mengkerut dan berwarna putih pucat (Gambar 15a). Bentuk pupa *P. xylostella* setelah aplikasi jamur *M. anisopliae* mengkerut, kering, serta berwarna kuning kehijauan (Gambar 15b). Sedangkan bentuk pupa *P. xylostella* yang normal yaitu pada fase prapupa berwarna seperti fase larva, lama kelamaan akan berwarna cokelat terang hingga kegelapan (Gambar 16).



Gambar 4. Pupa abnormal setelah aplikasi jamur entomopatogen: (a) *L. lecanii*, (b) *M. anisopliae*



Gambar 5. Pupa *P. xylostella* yang normal

Pupa abnormal tersebut diduga karena jamur entomopatogen membutuhkan waktu lebih lama dalam menginfeksi tubuh larva, sehingga proses infeksi berlanjut ke fase berikutnya dari *P. xylostella* yaitu fase pupa. Pada saat pengamatan tidak ditemukan munculnya miselium dari dalam tubuh pupa. Hal ini

diduga karena tubuh pupa yang keras dibandingkan dengan larva, sehingga miselium tidak dapat menembus keluar. Pada saat larva memasuki fase prapupa hingga pupa maka akan terjadi pergantian kulit sehingga integumen larva menjadi lebih tebal. Hal tersebut akan mengurangi tingkat penetrasi dari jamur dibandingkan dengan fase larva yang masih memiliki integumen yang lebih lunak. Menurut Prayogo *et al.* (2005) umur instar serangga sasaran mempengaruhi keberhasilan aplikasi jamur entomopatogen. Semakin tua umur instar serangga maka pergantian kulit semakin tebal sehingga akan mempengaruhi keberhasilan dari penetrasi jamur.

Selain itu, tidak ditemukan munculnya miselium yang keluar dari dalam tubuh pupa dapat diakibatkan dari kondisi lingkungan yang tidak mendukung bagi jamur untuk tumbuh menembus permukaan pupa. Menurut Ardi *et al.* (2017) apabila kondisi lingkungan (suhu dan kelembaban) mendukung pertumbuhan jamur entomopatogen, maka miselium akan menembus keluar dari dalam tubuh serangga. Pernyataan tersebut juga sesuai dengan Prayogo *et al.* (2005) yang menyatakan bahwa tidak selalu jamur tumbuh keluar menembus integumen serangga. Apabila keadaan yang kurang mendukung maka perkembangan saprofit hanya berlangsung didalam tubuh inang. Dalam hal tersebut, maka jamur akan membentuk struktur khusus untuk pertahanan yang disebut dengan arthrospora. Sedangkan pada saat penelitian, rata-rata kelembaban udara berkisar 54-62%, sehingga kurang mendukung pertumbuhan jamur entomopatogen.

Pupa yang masih bertahan hidup akan melanjutkan fase hidup berikutnya yaitu imago. Larva *P. xylostella* yang berhasil menjadi pupa dan muncul imago setelah aplikasi entomopatogen diduga dikarenakan jamur tersebut tidak berkembang secara optimal di dalam tubuh larva. Menurut Nunilawati *et al.*, (2012) jamur entomopatogen yang menginfeksi tubuh serangga dianggap oleh serangga tersebut sebagai benda asing atau *non-self* yang kemudian respon imun diaktifkan oleh serangga sebagai respon penolakan oleh sistem imun untuk mengatasi invasi organisme lain. Sehingga larva yang masih bertahan hidup akan melanjutkan fase hidup berikutnya yaitu berupa pupa. Pada fase pupa, jamur entomopatogen tetap tidak bisa menginfeksi hingga pada akhirnya muncul imago.

Hasil pengamatan menunjukkan imago yang muncul setelah aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* berebentuk normal yaitu dengan warna coklat kelabu, terdapat dua antena, memiliki 3 pasang kaki, dan pada sayap bagian luar terdapat bentuk tiga buah lekukan berwarna putih yang menyerupai berlian (Gambar 17).



Gambar 6. Imago normal setelah aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan konidia yang berbeda



BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa aplikasi jamur entomopatogen *M. anisopliae* dengan kepadatan 10^9 konidia/ml lebih baik dibandingkan dengan jamur *L. lecanii* dalam menghambat aktivitas makan larva, meningkatkan mortalitas larva, serta menekan pembentukan pupa menjadi imago *P. xylostella* dibandingkan. Sedangkan untuk tingkat kepadatan konidia, hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kepadatan konidia, maka semakin tinggi pula tingkat patogenisitas jamur *L. lecanii* dan *M. anisopliae* terhadap *P. xylostella*.

5.2 Saran

Hasil penelitian menunjukkan bahwa larva *P. xylostella* tetap dapat melanjutkan fase imago setelah aplikasi perlakuan, maka saran yang dapat diberikan yaitu diharapkan dilakukan penelitian lanjutan tentang jumlah telur yang dihasilkan imago setelah aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kepadatan yang berbeda.

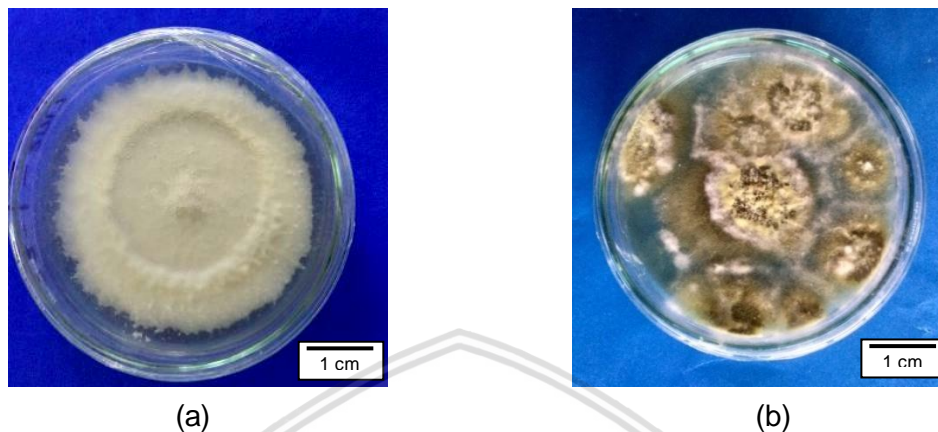
DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad, R.Z. 2004. Cendawan *Metarhizium anisopliae* sebagai Pengendali Hayati Ektoparasit Caplak dan Tungau Pada Ternak. WARTAZOA 14 (2):73–78.
- Ardi, F. J., Pasaru F., dan Nasir B. 2017. Pengaruh Cendawan *Verticillium lecanii* (Zimm) Isolat Palolo terhadap Mortalitas Walang Sangit *Leptocoris acuta* Thunberg. (Hemiptera: Alydidae) pada Tanaman Padi (*Oryza sativa* L.). J. Agroland 24(1) 73-80.
- Aw, K. M.S. dan Hue S.M. 2017. Mode of Infection of *Metarhizium spp.* Fungus and Their Potential as Biological Control Agents. J. Fungi 3 (30):1–20.
- Budi, A. S, Aminudin A., dan Retno D.P. 2013. Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* Balsamo (Deuteromycetes: Moniliales) pada Larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). J.HPT 1 (1):57–65.
- Capinera, J.L. 2015. Diamondback moth scientific name: *Plutella xylostella* (Linnaeus) (Insecta: Lepidoptera: Plutellidae). Diunduh dari http://entnemdept.ufl.edu/creatures/veg/leaf/diamondback_moth.htm#life. Pada tanggal 21 Janurari 2018.
- Dono, D, Djoko P., Syafrida M., dan Damayanti B. 2006. Pengaruh Rokglamida dan Parasitoid *Eriborus argenteopilosus* terhadap Kadar dan Profil Protein Hemolimfa Larva *Crociodolomia pavonana* serta Melanisasi Kutikula. J. Agri 17 (3):185–94.
- Hakim, L., Sri K., dan Ludji P. A. 2014. Eksplorasi Parasitoid Telur *Plutella xylostella* pada Pertanaman Kubis *Brassica oleracea* di Daerah Malang dan Kota Batu. J.HPT 2 (3):42–50.
- Haputhanthri, Kariyawasam, dan Kankanamge T. 2018. Taxonomy, Distribution and Pest Status of *Plutella* Species (Lepidoptera: Plutellidae) in Australia and New Zealand. Thesis. School of Earth Environmental and Biological Sciences Science and Engineering Faculty Queensland University of Technology
- Hasnah, H., dan Nezpi N.P. 2013. Keefektifan Ekstrak Daun Pare (*Momordica charantia*) dalam Mengendalikan *Crociodolomia pavonana* F. pada Tanaman Sawi. J. Floratek 8:52–63.
- Herlinda, S., Sri I. M, dan Suwandi. 2008. Jamur Entomopatogen Berformulasi Cair sebagai Bioinsektisida untuk Pengendali Wereng Coklat. Agritrop 27 (3):119–26.
- Hermansson, J. 2016. Biology of the Diamondback Moth (*Plutella xylostella*) and Its Future Impact in Swedish Oilseed Rape Production : A Literature Review. First Cycle, G2E. Uppsala: SLU, Dept. of Ecology.
- Khaerati, dan Gusti I. 2015. *Lecanicillium lecanii* (Ascomycota: Hypocreales) sebagai Agens Hayati Pengendali Hama dan Penyakit Tanaman. Sirinov 3 (2):93–102.

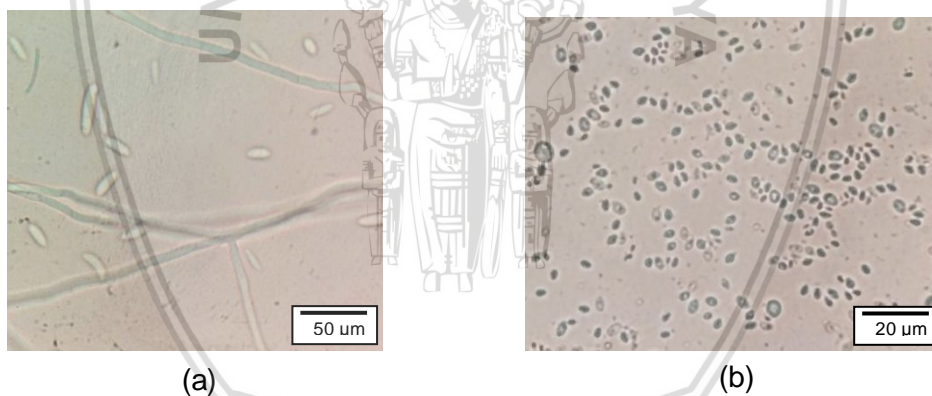
- Nunilawati, H., Siti H., Chandra I., dan Yulia P. 2012. Eksplorasi, Isolasi dan Seleksi Jamur Entomopatogen *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae) pada Pertanaman Caisin (*Brassica chinensis*) di Sumatera Selatan. J. HPT Tropika 12 (1):1–11.
- Nuraida. 2010. Efektivitas Isolat Jamur Entomopatogen terhadap Hama Krob Kubis *Crocitolomia Pavonana* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae) dalam Hubungannya dengan Metode Aplikasi. Working paper, Universitas Andalas.
- Peres, L.L.S., Ana I.S., Iryas F.S.C., Rosicleia M.S., Fabricio F.P., Silvia C.H.V., Claudia A. L.C., Munir M., Silvana P.Q.S., Sandra S.V., dan Rosilda M.M. 2017. Chemical Compounds and Bioactivity of Aqueous Extracts of *Alibertia* spp. in the Control of *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Plutellidae). Insects, 8(125):1-13.
- Prayogo, Y. 2006. Upaya Mempertahankan Keefektifan Cendawan Entomopatogen untuk Mengendalikan Hama Tanaman Pangan. Jurnal Litbang Pertanian 25 (2):47–54.
- Prayogo, Y., Wedanambi T., dan Marwoto. 2005. Prospek Cendawan Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* untuk Mengendalikan Ulat Grayak *Spodoptera litura* pada Kedelai. Jurnal Litbang Pertanian 24 (1):19–26.
- Rakhmad, R., Sofia E.R., dan Yusmani P. 2015. Efficacy Of Entomopathogenic Fungi *Verticillium* (= *Lecanicillium*) *lecanii* Zimm. (Hypocreales: Clavicipitaceae) Toward Controlling *Bemisia tabaci* Genn (Hemiptera: Aleyrodidae) On Soybean. The 3rd International Conference on Biological Science 2013, 2: 410-414.
- Ratnasari, E., Suhairiyah, dan Isnawati. 2013. Pengaruh Pemberian Cendawan *Lecanicillium lecanii* terhadap Mortalitas Ulat Grayak (*Spodoptera litura*) secara In Vitro. LenteraBio 2 (3):253–57.
- Rustama, M. M, Melanie, dan Budi I. 2008. Patogenesis Jamur Entomopatogen *Metarhizium Anisopliae* terhadap *Crocitolomia Pavonana* Fab. dalam Kegiatan Studi Pengendalian Hama Terpadu Tanaman Kubis dengan Menggunakan Agensi Hayati. Laporan Akhir Penelitian Peneliti Muda (LITMUD) UNPAD Sumber Dana DIPA UNPAD. Fakultas Matematika dan Ilmu Pegetahuan Alam. Universitas Padjajaran.
- Saenong, M.S., dan Alfons J.B. 2009. Pengendalian Hayati hama Penggerek Batang Jagung *Ostrinia furnacalis* Guenee (Lepidoptera: Pyralidae). J. Budidaya Pertanian 5(1): 5-7.
- Sari, K.P., dan Thursana Y.F. 2012. Efikasi *Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, dan *Beauveria bassiana* untuk Mengendalikan Hama Kepik Hijau. In Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi, 680–86.
- Sari, L. A., dan Widyaningrum T. 2014. Uji Patogenitas Spora Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Mortalitas Hama *Hypothenemus hampei* (Ferrari) sebagai Bahan Ajar Biologi SMA Kelas X. JUPEMASI-PBIO 1 (1):26–32.

- Sastrosiswojo, S., Uhan, dan Sutarya. 2005. Penerapan Teknolog PHT Pada Tanaman Kubis. Bali Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung.
- Shinde, S.V., Patel K. G., Purohit M. S., Pandya J.R., dan Sabalpara A. N.. 2010. *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) Zare and Games An Important Biocontrol Agent for The Management of Insect Pests - A Review. Agri Review 31 (4):235–52.
- Susniahti N., Sudrajat, dan Suhunan S. 2005. Pengujian Potensi Jamur Entomopatogen *Paelomices fumoso roseus* Baoner terhadap Ulat Daun Kubis *Plutella xylostella* L. (Lepidopter: Yponomeutidae). Lembaga Penelitian Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.
- Ulya, L.N., Toto H., dan Gatot M. 2016. Uji Patogenesis Jamur Entomopatogen *Metarhizium anisopliae* (Moniliales: Moniliaceae) terhadap Hama Uret *Lepidiota stigma* F. (Coleoptera: Scarabaeidae). J.HPT 4 (1):24-31.
- Utami, S. 2010. Efektivitas Insektisida Bintaro (*Cerbera odollam* Garetn) terhadap Hama *Eurema spp.* pada Skala Laboratorium. Jurnal Penelitian Hutan Tanaman 7 (4):211–20.
- Wang, L., Huang, J., You, M., Guan, X., dan Liu, B. 2005. Effects of toxins from strains of *Verticillium lecanii* (Deuteromycotina: Hyphomycetes) on bioattributes of a predatory ladybeetle *Delphastus catalinae* (Coleoptera: Coccinellidae). J. Appl. Entomol, 129 (1):32-38.
- Widiyanti, N. L. M., dan Muyadihardja S. 2004. Uji Toksisitas Jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap Larva Nyamuk *Aedes aegypti*. Media Litbang Kesehatan 14 (3):25–30.
- Yuningsih, Y. 2016. Bioinsektisida sebagai Upaya Re-Harmonism Ekosistem. Prosiding Symbion (Symposium on Biology Education), 521–32.

LAMPIRAN



Gambar 1. Kenampakan makroskopis jamur entomopatogen umur 21 hari hasil perbanyakan menggunakan media PDA: (a). *L. Lecanii*, (b) *M. anisopliae*



Gambar 2. Konidia jamur entomopatogen pada saat perhitungan menggunakan haemositometer dengan pengamatan dibawah mikroskop perbesaran 40x: (a). *L. lecanii*, (b) *M. anisopliae*

Tabel lampiran 1. Hasil uji analisis ragam persentase penghambatan aktivitas makan larva *P.xylostella* pada 2, 4, 6, 12, 24, dan 48 jsa (jam setelah aplikasi) jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan berbeda

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan:	9	155,20						
A	1	4,46	4,46	2,24	ns	4,35	8,10	0,150
B	4	148,86	37,21	18,70	**	2,87	4,43	0,000
AxB	4	1,88	0,47	0,24	ns	2,87	4,43	0,915
Galat	20	39,81	1,99					
Total	29	195,01			KK = 29,94%			

Keterangan: Data di transformasi menggunakan transformasi akar kuadrat untuk keperluan analisa statistik, ** = berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel lampiran2. Hasil uji analisis ragam persentase mortalitas larva *P.xylostella* 7 hari setelah aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M.anisopliae* pada kerapatan berbeda.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan:	9	131,32						
A	1	16,32	16,32	15,61	**	4,35	8,10	0,001
B	4	109,50	27,37	26,17	**	2,87	4,43	0,000
AxB	4	5,50	1,38	1,31	ns	2,87	4,43	0,298
Galat	20	20,92	1,05					
Total	29	152,24			KK = 23,83%			

Keterangan: Data di transformasi menggunakan transformasi akar kuadrat untuk keperluan analisa statistik, ** = berbeda sangat nyata pada taraf 1%

Tabel lampiran 3. Hasil uji analisis ragam persentase pembentukan imago *P.xylostella* setelah aplikasi jamur entomopatogen *L. lecanii* dan *M. anisopliae* pada kerapatan berbeda.

Sumber Keragaman	db	JK	KT	F-hitung		F-tabel		P-value
						5%	1%	
Perlakuan:	9	10163,33						
A	1	2083,33	2083,33	27,17	**	4,35	8,10	0,000
B	4	7546,67	1886,67	24,61	**	2,87	4,43	0,000
AxB	4	533,33	133,33	1,74	ns	2,87	4,43	0,181
Galat	20	1533,33	76,67					
Total	29	11696,67			KK = 11,89%			

Keterangan: ** = berbeda sangat nyata pada taraf 1%